

## Instruktioner inför digital hemtentamen/ examination

### Jag vill undvika fusk – hur gör jag? / All form av fusk anmäls

**Du ska följa instruktionerna för uppgiften.** Om du är osäker, fråga ansvarig lärare om något i instruktionerna är oklart.

**Du får inte samarbeta.** Det här är en individuell examinationsuppgift. Du ska inte prata med någon, ställa frågor till eller ta hjälp av andra studenter eller kurskamrater. Att hjälpa andra under en individuell examination är också fusk.

**Lägg undan mobilen.** Stäng av sociala medier.

**Du får inte använda hjälpmedel.** Det vill säga att du får inte använda dig av något annat än det som står angivet i instruktionerna.

**Du får inte använda andra formuleringar än dina egna.** Dina svar ska vara **självständigt formulerade** och **redovisa dina kunskaper**. Det betyder att inga citat eller referat ska förekomma i dina svar om det inte står i instruktionerna att du får använda citat eller referat.

**Dina svar kontrolleras via Urkund.**

**All misstanke om fusk anmäls** till universitetets rektor och kan leda till en prövning i universitets disciplinnämnd.

### Konsekvenser av fusk

Om du fuskar kan detta leda till en avstängning som kan få följder både för dina studier och privat:

- Uteblivet studiemedel som t.ex. som kan påverka din möjlighet att behålla din bostad.
- Ingen åtkomst till digitala plattformar.
- Du kan behöva meddela dina kursare om att du är fälld för fusk, om du t.ex. ingår i ett grupparbete på en pågående kurs men blir avstängd.
- Tillfällen för examination går förlorade vilket kan innebära att du inte kommer vidare i dina studier nästa läsperiod/termin och din studiegång blir därmed påverkad.
- Beslutet är en offentlig handling som begärs regelbundet ut av en nyhetsbyrå. Och kan även begäras ut av framtida arbetsgivare eller andra.
- Om du fuskar dig igenom din utbildning har du inte den kunskap som arbetsmarknaden förväntar av dig.

**OBS: Tänk efter en gång till innan du påbörjar och genomför din tentamen!**

# Ellära för civilingenjörer

## FY502G-0100

### 2021-08-25, kl. 08:15-11:15

**Hjälpmedel:** Skrivmateriel och miniräknare (utan internetanslutning) . Formelblad delas ut vid tentamen.

**Betygskriterier:** Skrivningens maxpoäng är 60. Samtliga deluppgifter kan ge 4 poäng och bedöms utifrån kriterier för *kunskap och förståelse, färdighet och förmåga*, samt *skriftlig avrapportering*. För betyg 3/4/5 räcker det med 6 poäng inom vart och ett av områdena *statiska likströmsproblem*, *tidsberoende fenomen* och *växelströmsproblem* samt 30/40/50 poäng totalt.

Detaljerna framgår av separat dokument publicerat på Blackboard.

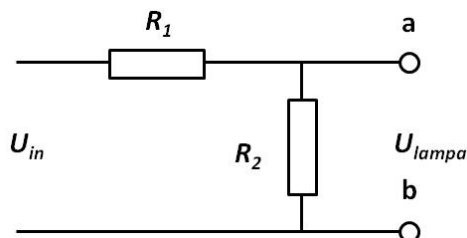
**Anvisningar:** Motivera väl, redovisa alla väsentliga steg, rita tydliga figurer och svara med rätt enhet. Redovisa inte mer än en huvuduppgift per blad och lämna in i uppgiftsordning. **Uppgifterna ska lösas individuellt, samarbete är ej tillåtet.**

**Skrivningsresultat:** Meddelas inom 15 arbetsdagar. **Examinator:** Dag Stranneby.

**Lycka till!**

#### 1. Statiska likströmsproblem

Man har en glödlampa på 6 V och 100 mA, som kan approximeras som en konstant resistans. Dessvärre har man bara ett batteri på 12 V ( $U_{in}$ ) till hands, så man bygger en spänningsdelare:



Genom att välja  $R_1 = R_2 = 27 \Omega$  får vi:

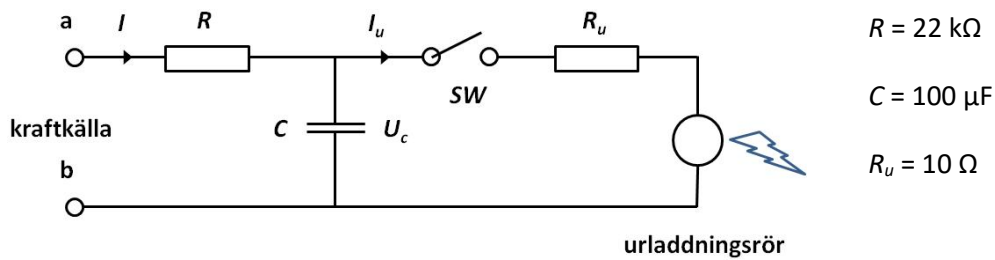
$$U_{lampa} = U_{in} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 12 \frac{27}{27 + 27} = 6 \text{ V}$$

Perfekt, problemet löst!

- När man kopplar in lampan mellan punkterna a och b så lyser den lite halvdåligt, vad beror det på? Vad blir spänningen över lampan (mellan a och b)?
- Vilket värde ska  $R_2$  ha för att spänningen över lampan (mellan a och b) ska bli 6 V, så att den lyser med normal ljusstyrka?
- Efter några års drift börjar lampan att gå sönder väldigt ofta, så att man får byta med korta tidsmellanrum. Det visar sig att motståndet  $R_2$  har avbrott. Vad bli spänningen över lampan då (mellan a och b)?
- Beräkna kretsens Thévenintvåpol (utan lampan och  $R_1 = R_2 = 27 \Omega$ ), med avseende på a och b (rita figur).
- Beräkna kretsens Nortonekvivalent (utan lampan och  $R_1 = R_2 = 27 \Omega$ ), med avseende på a och b (rita figur).

## 2. Tidsberoende fenomen

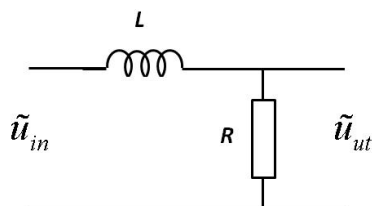
Ett elektroniskt fotoblixtaggregat (Camera Flash Unit) har ett schema enligt nedan (förenklat):



Kondensatorn  $C$  laddas upp av kraftkällan genom motståndet  $R$  till  $U_C = 300 \text{ V}$ . När man trycker på avtryckaren på kameran, sluts switchen  $SW$  och kondensatorn laddas ur genom  $R_u$  och urladdningsröret, som ger en kraftig ljusblinx. Innan nästa foto kan tas, måste man vänta på att kondensatorn laddas upp igen.

- Antag att vi som kraftkälla ansluter en ideal spänningskälla mellan a och b på  $U = 400 \text{ V}$ . Hur lång tid tar det att ladda upp kondensatorn till  $U_C = 300 \text{ V}$  (dvs hur lång tid måste vi vänta mellan två tagningar)?
- Hur stor är laddningsmängden i kondensatorn (i Coulomb) när  $U_C = 300 \text{ V}$ ?
- Hur stor är lagrade energin i kondensatorn (i Joule) när  $U_C = 300 \text{ V}$ ?
- Vi tycker att det tar för lång tid att ladda upp kondensatorn och byter kraftkälla till en ideal strömkälla. Vilken ström måste den leverera om vi ska få ner uppladdningstiden till  $0.5 \text{ s}$ ?
- När kondensatorspänningen är  $U_C = 300 \text{ V}$  och vi sluter switchen  $SW$ , ge en funktion för urladdningsströmmen  $I_u$ , antag att spänningsfallet över urladdningsröret kan försummas. Vad är maximala strömmen  $I_u$ ?

## 3. Växelströmsproblem



- Bestäm frekvensfunktionen (komplex), amplitudfunktionen och fasfunktionen för kretsen ovan med hjälp av  $j\omega$ -metoden.
- Vilken typ av filterkrets är detta? LP, HP, BP, BS?
- Beräkna gränshänsfrekvensen (uttryckt i Hz).  $|G(f)| = \frac{1}{\sqrt{2}}$
- Byt plats på  $R$  och  $L$ . Beräkna frekvensfunktionen nu.
- Vilken typ av filterkrets är detta? LP, HP, BP, BS?

## Lösningsförslag

### 1. Statiska likströmsproblem

a) När lampan kopplas in börjar vi dra ström ur spänningsdelaren, lampan  $R_L = \frac{6}{0.1} = 60 \Omega$  kommer att parallellkopplas med  $R_2$ .

$$U_{\text{lampa}} = U_{\text{in}} \frac{R_2 // R_L}{R_1 + R_2 // R_L} = U_{\text{in}} \frac{\frac{R_2 R_L}{R_2 + R_L}}{R_1 + \frac{R_2 R_L}{R_2 + R_L}} = U_{\text{in}} \frac{R_2 R_L}{R_1 (R_2 + R_L) + R_2 R_L} = 12 \frac{27 \cdot 60}{27(27 + 60) + 27 \cdot 60} = 4.9 \text{ V}$$

b) Lös ut  $R_2$  ur ovan då  $U_{\text{lampa}}$  är 6 V:

$$U_{\text{lampa}} = U_{\text{in}} \frac{R_2 R_L}{R_1 (R_2 + R_L) + R_2 R_L} \Rightarrow R_2 = U_{\text{lampa}} \frac{R_1 R_L}{U_{\text{in}} R_L - U_{\text{lampa}} R_1 - U_{\text{lampa}} R_L} = 6 \frac{27 \cdot 60}{12 \cdot 60 - 6 \cdot 27 - 6 \cdot 60} = 49.1 \Omega$$

c) Om avbrott i  $R_2$  blir resistansen oändligheten och vi får:

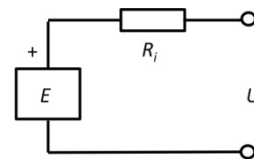
$$U_{\text{lampa}} = U_{\text{in}} \frac{R_L}{R_1 + R_L} = 12 \frac{60}{27 + 60} = 8.3 \text{ V} \quad \text{lampan går sönder ganska snabbt}$$

d) Thévenins tvåpol fås ur:

Tomgångsspänning (ingen ström tas ut):

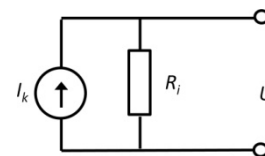
$$E = U_{\text{in}} \frac{R_2}{R_1 + R_2} = 12 \frac{27}{27 + 27} = 6 \text{ V}$$

$$I_k = \frac{U_{\text{in}}}{R_1}, \quad R_i = \frac{E}{I_k} = \frac{E}{\frac{U_{\text{in}}}{R_1}} = \frac{ER_1}{U_{\text{in}}} = \frac{6 \cdot 27}{12} = 13.5 \Omega$$



e) Kan då göras om till en Norton:

$$I_k = \frac{U_{\text{in}}}{R_1} = \frac{12}{27} = 0.44 \text{ A}$$



### 2. Tidsberoende fenomen

a) Ur formelsamlingen:

$$U_C(t) = U \left( 1 - e^{-\frac{1}{RC}t} \right) \Rightarrow t = -RC \ln \left( 1 - \frac{U_C(t)}{U} \right) = -22 \cdot 10^3 \cdot 100 \cdot 10^{-6} \ln \left( 1 - \frac{300}{400} \right) = 3 \text{ s}$$

b) Laddningsmängden i kondensatorn vid  $U_C = 300 \text{ V}$ :  $Q = CU_C = 100 \cdot 10^{-6} \cdot 300 = 0.03 \text{ C}$

c) Energin i kondensatorn vid  $U_c = 300$  V:  $W_c = \frac{CU_c^2}{2} = \frac{100 \cdot 10^{-6} \cdot 300^2}{2} = 4.5$  J

d) Vid ideal strömkälla är strömmen alltid konstant  $I$ . Då blir laddningen i kondensatorn:

$$U_c(t) = \frac{1}{C} \int I(t) dt \Rightarrow CU_c(t) = \int I(t) dt = Q(t) = It \Rightarrow I = \frac{Q(t)}{t} = \frac{0.03}{0.5} = 60 \text{ mA}$$

e) Ur formelsamling:  $U_c(t) = U_c(0)e^{-\frac{1}{R_u C}t}$ ,  $I_u(t) = \frac{U_c(t)}{R_u} = \frac{U_c(0)}{R_u} e^{-\frac{1}{R_u C}t} = \frac{300e^{-\frac{1}{10 \cdot 100 \cdot 10^{-6}}t}}{10}$

Största strömmen vid  $t = 0$ :  $I_u(0) = \frac{300}{10} = 30$  A

### 3. Växelströmsproblem

a) Frekvensfunktion  $\tilde{G}(\omega) = \frac{\tilde{u}_{ut}}{\tilde{u}_{in}} = \frac{R}{R + j\omega L} = \frac{1}{1 + j\omega \frac{L}{R}}$

Amplitudfunktion  $|\tilde{G}(\omega)| = \frac{1}{\sqrt{1^2 + \left(\omega \frac{L}{R}\right)^2}}$

Fasfunktion  $\angle \tilde{G}(\omega) = -\arctan\left(\frac{\omega \frac{L}{R}}{1}\right) = -\arctan\left(\omega \frac{L}{R}\right)$

b) LP (lågpass), ty låga frekvenser  $\omega$  ger stort  $|\tilde{G}(\omega)|$  och höga frekvenser ger litet  $|\tilde{G}(\omega)|$

c)  $|\tilde{G}(\omega_g)| = \frac{1}{\sqrt{1^2 + \left(\omega_g \frac{L}{R}\right)^2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \Rightarrow 1 + \left(\omega_g \frac{L}{R}\right)^2 = 2 \Rightarrow \omega_g = \frac{R}{L} \Rightarrow f_g = \frac{R}{2\pi L}$

d)  $\tilde{G}(\omega) = \frac{\tilde{u}_{ut}}{\tilde{u}_{in}} = \frac{j\omega L}{R + j\omega L} = \frac{1}{1 - j\frac{R}{\omega L}}$

e) HP (högpass), ty höga frekvenser  $\omega$  ger stort  $|\tilde{G}(\omega)|$  och låga frekvenser ger litet  $|\tilde{G}(\omega)|$